

Rec'd PCT/PTO 27 DEC 2004  
#2

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PCT/EP03/09693



REC'D 27 NOV 2003  
WIPO PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 28 353.2

**Anmeldetag:** 25. Juni 2002

**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Piezo-Sensors-System zur Detektion des  
Nadelhubs einer Einspritzdüse eines  
Common-Rail-Injektors

**IPC:** F 02 M, F 02 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Mai 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

*Celle*

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

*Wehner*

DaimlerChrysler AG

Franke

17.06.02

5

Piezo-Sensors-System zur Detektion des Nadelhubs einer Einspritzdüse eines Common-Rail-Injektors

10 Die Erfindung bezieht sich auf eine Einspritzdüse für einen Common-Rail-Injektor mit einer über eine Feder vorgespannten, eine Düsenöffnung verschließenden Düsennadel, wobei die Feder zwischen einer Gehäuseschulter und einer Anlagefläche der Düsennadel angeordnet ist.

15 Die Einspritzmenge und der Einspritzbeginn sind wichtige Kenngrößen für den optimalen Betrieb von Dieselmotoren. Deren Erfassung ermöglicht die last- und drehzahlabhängige Einstellung des Einspritzvorgangs in einem geschlossenen Regelkreis. Die derzeitigen Methoden zur Bestimmung des Nadelhubs sind ungenau, 20 da der Nadelhub räumlich weit entfernt von der Düsenöffnung bzw. Düsennadelspitze detektiert wird. Der Einfluß eines Steuerkolbens bzw. einer Schubstange zwischen einem Stellglied und der Düsennadel verfälscht das Ergebnis.

25 Es ist bereits eine Einspritzdüse für Kraftstoff aus der US 6,235,736 B1 bekannt. Die Einspritzdüse weist eine Düsennadel sowie einen axial zur Düsennadel angeordneten Steuerkolben auf. Der Steuerkolben ist über eine erste Feder nach oben hin vorgespannt und wird über ein Piezo-Element in axiale Richtung gestellt. Die Düsennadel ist über eine zweite Feder nach unten hin, also entgegengesetzt zum Steuerkolben, vorgespannt und verschließt in der unteren Stellung die Düsenöffnung. Durch 30 eine Bewegung des Steuerkolbens aufgrund einer Stellbewegung

des Piezo-Elements, gibt dieser eine Durchflußöffnung für Kraftstoff frei, so daß die Düsenadel entgegen der Federkraft 35 nach oben aus ihrem Sitz bewegt wird. Nach einem Hub (h) stößt die Düsenadel mit ihrer oberen Stirnseite an eine untere Stirnseite des Steuerkolbens an und generiert damit eine zusätzliche Stellkraft nach oben. Sobald das Piezo-Element stromlos geschaltet wird, fährt der Steuerkolben zurück in seine 40 obere Endlage und verschließt die Durchflußöffnung. Die Düsenadel ist dann wieder im Druckkräfte-Gleichgewicht, so daß die resultierende Federkraft die Schließbewegung ausführt und die Düsenöffnung schließt. Die Stellung der Düsenadel wird über die Stellung des Steuerkolbens detektiert.

45 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einspritzdüse derart auszubilden und anzuordnen, daß eine optimale Detektion der Bewegung der Düsenadel gewährleistet wird.

Gelöst wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch, daß zwischen der Gehäuseschulter und der Feder ein Piezo-Element zur 50 Erfassung der Federkraft vorgesehen ist. Hierdurch wird erreicht, daß über die aus Federvorspannung und Düsenadelhub resultierende Federkraft und damit die Stellbewegung der Düsenadel auf einfache Weise ermittelt wird. Das Piezo-Element kann direkt hinter der Feder angeordnet werden, so daß keine weiteren Kosten durch Konstruktionsänderungen entstehen.

Vorteilhaft ist es, dass zwischen der Anlagefläche der Düsenadel und der Feder ein Piezo-Element vorgesehen ist. Mittels der Anordnung des Piezo-Elements zwischen der Düsenadel und der Feder wird ebenfalls die resultierende Federkraft und damit die 60 Stellbewegung der Düsenadel ermittelt.

Hierzu ist es vorteilhaft, dass das Piezo-Element ringförmig oder als Toroid mit einer ersten Stirnseite und einer der ersten Stirnseite gegenüberliegenden zweiten Stirnseite ausgebil-

det ist und im Bereich der ersten Stirnseite einen ersten  
65 elektrischen Anschluß und im Bereich der zweiten Stirnseite  
einen zweiten elektrischen Anschluß aufweist. Das Piezo-Element  
ist somit zwischen den Krafteinleitungspunkten der Feder und  
der Gehäuseschulter bzw. der Anlagefläche angeordnet, so dass  
über den ersten und den zweiten elektrischen Anschluß die be-  
70 lastungsabhängige Ladungsverschiebung des Piezo-Elements ermit-  
telt wird.

Ferner ist es vorteilhaft, dass der Stellweg  $x$  der Düsenadel  
über die Funktion

$$x = \frac{Q}{d_p D}$$

75 ermittelbar ist, wobei  $Q$  die Ladung des Piezo-Elements,  $d_p$  den  
piezoelktrischen Koeffizient und  $D$  die Federsteifigkeit der Fe-  
der darstellt.

Durch die Anordnung des Piezo-Elements innerhalb des sehr dick-  
wandigen metallischen Einspritz-Injektors wird eine Einstreuung  
80 von magnetischen und elektrischen Wechselfeldern auf das Meß-  
signal stark gedämpft.

Vorteilhaft ist es hierzu auch, dass durch Integration des  
Verschiebungsstroms des Piezo-Elements während einer Bewegung  
die Verschiebungsladung auf einfache Weise bestimmbar ist.

85 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen  
Lösung ist schließlich vorgesehen, dass zwischen beiden End-  
lagen des Stellwegs  $x$  der Düsenadel die Zwischenwerte für den  
Stellweg  $x$  interpolierbar sind. Sowohl die resultierende Feder-  
kraft als auch das Piezo-Element sind linear bezüglich des  
90 Stellwegs  $x$  bzw. der Stellkraft und weisen einen sehr geringen  
Hystereseeffekt auf.

Die Abnahme der Steifigkeit der Feder durch Alterungserscheinungen bzw. eine Ermüdung des Piezo-Elements können unter Einbeziehung der Drift der Meßwerte korrigiert werden.

95 Der Einfluß der Temperatur führt zu einer Ausdehnung der Düsen-  
nadel und des Injektorgehäuses sowie zu einer Veränderung der  
Piezo-Element-Charakteristik. Diese Temperaturabhängigkeit wird  
über den maximalen Hub berechnet und entsprechend berücksichtigt.

100 Die durch die Massenträgheit der Feder bedingte Totzeit zwischen  
Ansteuersignal für das Stellglied der Düsenadel und dem  
erfindungsgemäßen Stellsignal der Düsenadel kann für eine Aus-  
kopplung des Stellsignals genutzt werden.

105 Vorteilhaft ist es auch, dass die Gehäuseschulter und das  
Piezo-Element eine gemeinsame konzentrisch zum Piezo-Element  
angeordnete Öffnung aufweisen. In dieser Öffnung ist ein nicht  
dargestelltes Stellglied für die Düsenadel angeordnet.

110 Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sind in den  
Patentansprüchen und in der Beschreibung erläutert und in der  
Zeichnung dargestellt:

115 In der Zeichnung ist ein Ausschnitt einer Einspritzdüse 1 innerhalb eines teilweise dargestellten Injektor-Gehäuses mit einer Gehäuseschulter 5 und einem unteren Gehäuseteil 1.1 dargestellt. Im Gehäuseteil 1.1 ist eine Düsenöffnung 3, die über eine Düsenadel 4 geöffnet bzw. geschlossen wird vorgesehen.  
120 Die Düsenadel 4 weist eine Anlagefläche 6 auf, mit der die Düsenadel 4 gegen eine Feder 2 anliegt. Als Gegenlager auf der gegenüberliegenden Seite der Feder 2 ist ein Piezo-Element 7 vorgesehen, das wiederum gegen die Gehäuseschulter 5 anliegt. Somit ist die Düsenadel 4 über ihre Anlagefläche 6 mit der Feder 2 gegenüber dem Piezo-Element 7 und

der Gehäuseschulter 5 vorgespannt. Das Piezo-Element 7 ist hierbei zylinderförmig ausgebildet und weist einen mittleren Durchmesser auf, der dem mittleren Durchmesser der Feder 2 entspricht.

Das Piezo-Element 7 weist eine an der Feder 2 anliegende erste Stirnseite 7.1 und eine gegen die Gehäuseschulter 5 anliegende zweite Stirnseite 7.2 auf. Die erste Stirnseiten 7.1 weist hierbei einen ersten elektrischen Anschluß 8.1 und die zweite Stirnseite 7.2 einen zweiten elektrischen Anschluß 8.2 auf. Über die elektrischen Anschlüsse 8.1, 8.2 wird der Ladungsverschiebungsstrom I innerhalb des Piezo-Elements 7 abgegriffen. Die von einer geschlossenen, ggf. vorgespannten, Stellung der Düsenadel 4 ausgehende Öffnungsbewegung  $x$ , generiert einen Kraftzuwachs auf das Piezo-Element 7, der proportional zum Stellweg  $x$  ist, wobei der Proportionalitätsfaktor der Federkonstante  $D$  entspricht. Der Stellweg  $x$  der Düsenadel 4 läßt sich somit durch die Formel

$$x = \frac{Q}{d_p D}$$

auf einfache Weise ermitteln, wobei  $Q$  der durch die Kraftänderung entstehende Ladungsverschiebung innerhalb des Piezo-Elements 7 entspricht und  $d_p$  den piezo-elektrischen Koeffizienten darstellt.

DaimlerChrysler AG

145

Franke

17.06.02

150.

Patentansprüche

1. Einspritzdüse (1) für einen Common-Rail-Injektor mit einer über eine Feder (2) vorgespannten eine Düsenöffnung (3) der Einspritzdüse (1) verschließenden Düsenneedle (4), wobei die Feder (2) zwischen einer Gehäuseschulter (5) und einer Anlagefläche (6) der Düsenneedle (4) angeordnet ist,  
155 dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen der Feder (2) und der Gehäuseschulter (5) oder zwischen der Feder (2) und der Anlagefläche (6) ein Piezo-Element (7) vorgesehen ist.

160 2. Vorrichtung insbesondere nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Piezo-Element (7) ringförmig oder als Toroid mit einer ersten Stirnseite (7.1) und einer der ersten Stirnseite (7.1) gegenüberliegenden zweiten Stirnseite (7.2) ausgebildet ist,  
165 und im Bereich der ersten Stirnseite (7.1) einen ersten elektrischen Anschluß (8.1) und im Bereich der zweiten Stirnseite 7.2 einen zweiten elektrischen Anschluß (8.2) aufweist.

170 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Stellweg x der Düsenadel (4) über die Funktion

$$x = \frac{Q}{d_p D}$$

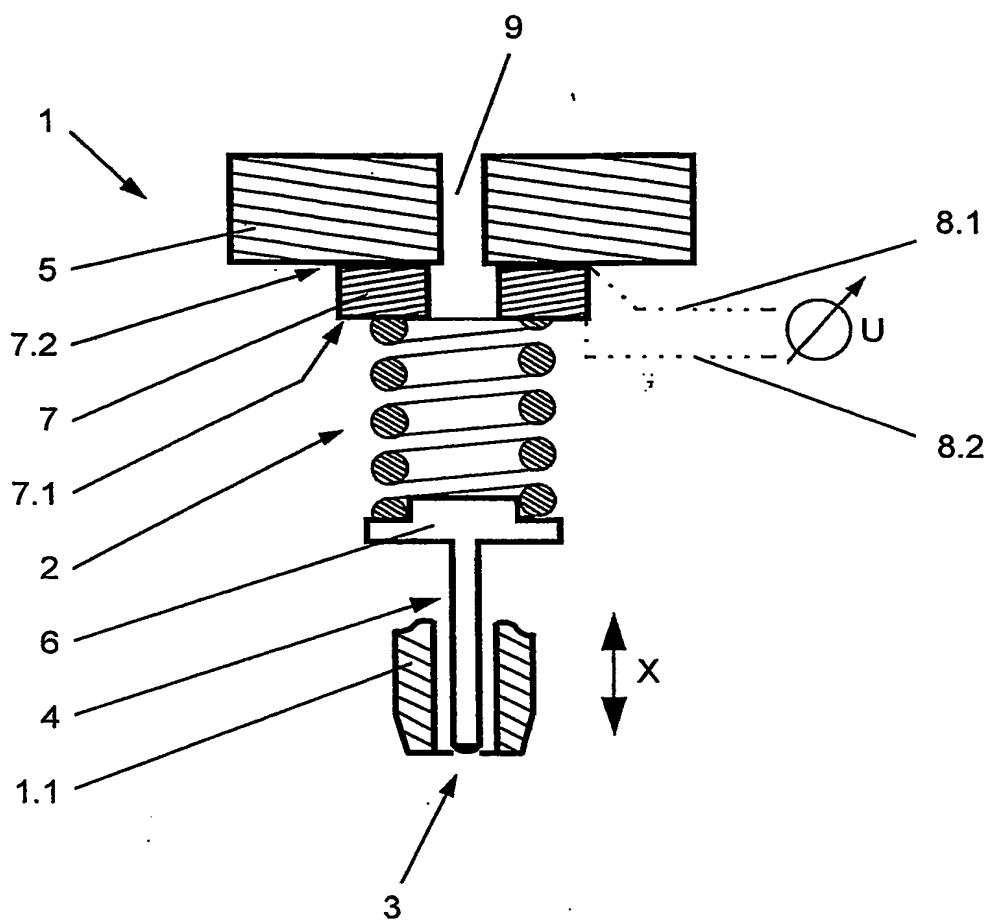
ermittelbar ist, wobei Q die Ladung des Piezo-Elements (7),  $d_p$   
175 den piezoelektrischen Koeffizient und D die Federsteifigkeit  
darstellt.

180 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass durch Integration des Verschiebungsstroms des Piezo-Ele-  
ments (7) während einer Bewegung die Verschiebungsladung Q be-  
stimmbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen beiden Endlagen des Stellwegs x der Düsenna-  
del (4) die Zwischenwerte für den Stellweg x interpolierbar  
sind.

190 6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Gehäuseschulter (5) und das Piezo-Element (7) eine ge-  
meinsame konzentrisch zum Piezo-Element (7) angeordnete Öff-  
nung (9) aufweisen.

Fig. 1



DaimlerChrysler AG

Franke

17.06.02

195

Zusammenfassung (Figur 1)

200 Die Erfindung bezieht sich auf eine Düsenadel 4 einer Einspritzdüse 1, die innerhalb eines Injektorgehäuses angeordnet und gegen eine Gehäuseschulter 5 über eine Feder 2 vorgespannt ist. Zwischen der Feder 2 und der Gehäuseschulter 5 ist ein Piezo-Element 7 zur Ermittlung des Düsenadel-Wegs beim Öffnen  
205 bzw. Schließen der Düsenöffnung 3. Das Piezo-Element 7 weist hierzu zwei elektrische Anschlüsse 8.1, 8.2 im Bereich der jeweiligen Stirnseiten 7.1, 7.2 auf.

210

Fig. 1

